

新型浮滤池处理微污染源水的研究

刘 强^{1,2}, 王晓昌¹

(1 西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055; 2 济南供水集团有限责任公司, 山东 济南 250012)

摘 要: 常规工艺对高藻、低浊微污染源水的处理效果较差,为了解决这个问题,将气浮与混凝、过滤技术相结合,开发出了一套新型浮滤池工艺(DAFF),并以济南玉清湖水库水为处理对象进行中试,考察了对藻类及有机物的去除性能。试验结果表明:DAFF的处理效果明显优于常规工艺,对叶绿素 a、高锰酸盐指数、UV₂₅₄、浊度及氨氮的平均去除率分别为 84.24%、59.76%、58.62%、85.2%、20.83%。该工艺结构紧凑、操作简便、占地面积小,适合新建的小水厂及老水厂的改造。

关键词: 浮滤池; 微污染源水; 藻类; 有机物

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2006)11-0006-03

Dissolved Air Flotation - Filter Process for Treating Micropolluted Source Water

LIU Qiang^{1,2}, WANG Xiao-chang¹

(1 School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 2 Jinan Water Supply Group Co., Ltd., Jinan 250012, China)

Abstract: The conventional processes have limitations in treating the micropolluted source water with high algae and low turbidity. In order to resolve this problem, the technologies of the coagulation, dissolved air flotation and filtration were integrated into one process called Dissolved Air Flotation - Filter (DAFF). The functions of the process about removing algae and organic matters in the treatment of the water from the Yuqinghu Reservoir in Jinan, Shandong Province were studied. The results show that the removal rates are 84.24% for Chl-a, 59.76% for COD_{Mn}, 58.62% for UV₂₅₄, 85.2% for turbidity and 20.83% for ammonia nitrogen with a significantly better treatment effect than that of the conventional processes. The new process has advantages of compact layout, simple operation and small occupancy area, and is suitable for newly constructed small waterworks and old waterworks to be renovated.

Key words: dissolved air flotation - filter; micropolluted source water; algae; organic matter

微污染源水的主要特点是藻类和有机物含量较高。藻类含量过高会干扰混凝,降低沉淀效果,堵塞滤池,增加出水色度和嗅味;有机物含量高不仅影响水厂运行,增加药耗,更关系到饮用水质量和管网水的生物稳定性^[1]。有研究表明,常规工艺对高藻、低浊微污染源水的去除能力有限,而气浮技术在这一方面则显示了独特的优势^[2]。由于国情所限,国内大多数水厂在气浮池的新建与改造过程中都面临

着资金短缺、土地紧张等问题,使得气浮技术难以推广。针对这种情况,将气浮技术与混凝、过滤技术相结合,开发出了一套新型浮滤池工艺(DAFF),并以济南玉清湖水库水为处理对象进行中试,对该工艺去除藻类、有机物的性能进行了研究。

1 材料与方法

1.1 试验装置

DAFF装置由有机玻璃制成,直径为 400 mm。

DAFF的上部为气浮区,下部为过滤区,气浮区内设一接触反应室;滤层总厚度为 1 000 mm,采用双层滤料,其中活性炭滤层厚度为 700 mm,石英砂滤层厚度为 300 mm;采用小阻力配水系统,冲洗方式为气水反冲,先气冲 1 min,冲洗强度为 15 L/(s·m²),然后水冲 9 min,冲洗强度为 6 L/(s·m²)。

DAFF的结构见图 1。

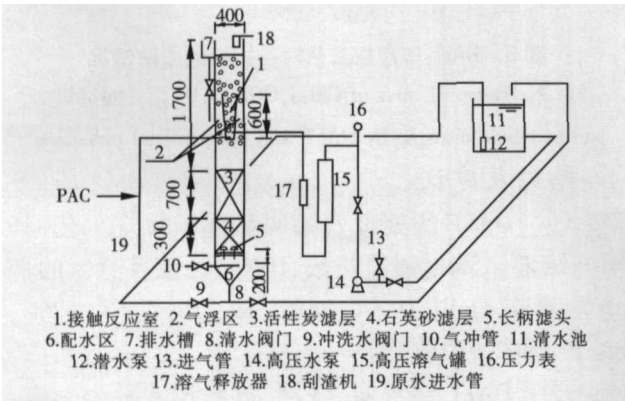


图 1 DAFF工艺结构

Fig 1 Structure of DAFF process

DAFF工艺具有以下特点:

设置了独立的接触反应室。一般来讲,微气泡与絮体颗粒的粘附结合是以下几种因素综合作用的结果:微气泡与絮体颗粒的碰撞粘附作用;絮体颗粒的网捕、卷扫和吸附架桥作用;微气泡在絮体颗粒表面析出、长大,同时形成泡絮结合体;表面活性剂的参与作用^[3]。日本的 K Fukushima等提出的群体平衡理论模型认为,微气泡与絮体颗粒的粘附过程可看作微气泡与絮体颗粒之间的异相絮凝过程^[4]。根据上述理论,将原水投加混凝剂后直接与加压溶气水混合,水中胶体脱稳后或与微气泡异相絮凝,或在絮凝过程中与微气泡碰撞粘附、卷扫、吸附架桥,而接触反应室就是实现这些功能的场所。

采用回流加压的方式。试验时没有采用空压机,而是在高压水泵的吸水管上安装了一根进气管,吸水管在负压状态下会由进气管吸入空气(为了防止气蚀,在实际生产中可采用两相流水泵),这种方式不仅可以降低成本,还能大大简化操作规程,降低操作难度。

滤层采用双层滤料。下层为石英砂,粒径为 0.5~1.2 mm, $K_{90} < 2$,厚度为 300 mm;上层为活性炭(破碎炭),粒径为 0.9~1.15 mm,厚度为 700 mm。由于采用气浮技术会提高水中溶解氧的含量,

因此上部的活性炭有可能成为生物活性炭,具有一定的生物处理功能,而下层的石英砂则对活性炭上脱落的生物膜起到截留作用。

冲洗废水与气浮产生的浮渣共用一个排水槽,施工简单,操作方便。

1.2 试验方法

以济南玉清湖水库水为研究对象进行中试,处理水量为 1 m³/h;混凝剂为液态聚合氯化铝(A₁Cl₃O₉的含量为 10%),投加量为 20 mg/L;加压溶气水回流比为 20%,加压溶气水的压力为 0.3 MPa;浮滤池的滤速为 10 m/h。

原水经投加混凝剂后立即进入接触反应室并与加压溶气水混合,水中胶体脱稳后形成微絮凝体,附着在气泡上后进入气浮区。气、水在气浮区内分离,浮渣用刮渣机刮除,经气浮处理后的水继续向下进入过滤区,经活性炭、石英砂过滤后得到最终出水,整个运行周期为 24 h。

试验期间原水水温为 18~21.5℃,pH值为 8.3~8.5。DAFF运行两个月后,可认为活性炭已成为生物活性炭^[1],对原水和 DAFF出水的水质进行检测并将两者进行比较,评价对藻类、有机物等指标的去除效果。

1.3 检测项目及方法

叶绿素 a(Chl-a):分光光度法;高锰酸盐指数(COD_{Mn}):酸性高锰酸钾法;UV₂₅₄:Agilent 6350G紫外分光光度计;氨氮:纳氏试剂分光光度法;浊度:Hach 2100P浊度仪。

2 试验结果与讨论

2.1 试验结果

检测结果见表 1,DAFF对各指标的去除率如图 2 所示。

表 1 新型浮滤池工艺的试验结果

Tab 1 Average quality of influent and effluent in DAFF

项目	叶绿素 a/ (μg·L ⁻¹)	COD _{Mn} / (mg·L ⁻¹)	UV ₂₅₄ / cm ⁻¹	浊度 / NTU	氨氮 / (mg·L ⁻¹)
原水	20.50	4.25	0.011 6	2.50	0.24
滤后水	3.23	1.71	0.004 8	0.37	0.19

由表 1 和图 2 可知,DAFF运行状况稳定,对藻类和有机物均有较好的去除能力,对叶绿素 a、高锰酸盐指数、UV₂₅₄、浊度的平均去除率分别为 84.24%、59.76%、58.62%、85.2%,而对氨氮的去除效果一般(20.83%)。

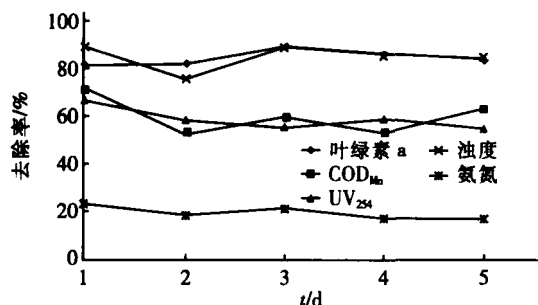


图 2 DAFF 对各指标的去除率

Fig 2 Removal rates of Chl-a, COD_{Mn}, UV₂₅₄, turbidity and ammonia nitrogen by DAFF

2.2 讨论

气浮技术能有效去除藻类,而活性炭对藻类也有较好的吸附、截留作用,因此 DAFF 对藻类的去除能力较强,对叶绿素 a 的平均去除率为 84.24%。

由于有着巨大的比表面积和发达的孔隙,活性炭对水中的有机物表现出较强的吸附能力,而活性炭上附着的生物和活性炭间隙的生物絮体对 COD_{Mn} 也有较好的去除效果,两者综合作用的结果使 DAFF 对 COD_{Mn} 的去除率为 59.76%。

水中的一些有机物如木质素、腐殖质和各种芳香族有机物都是苯的衍生物,而且是天然水体和二级处理出水中的主要有机物,常用 UV₂₅₄ 作为它们在水中含量的替代参数。由试验结果可知,DAFF 对 UV₂₅₄ 有较好的去除效果,这主要归功于活性炭的吸附作用。

浊度是一项综合指标,它反映了水中胶体和悬浮颗粒的含量,DAFF 对浊度的良好去除是气浮、活性炭吸附、生物吸附、砂滤共同作用的结果。

对氨氮的去除主要依靠硝化菌的代谢作用,硝化菌是自养菌,生长速度较慢,受气、水反冲洗的影响较大,加之原水在整个滤层中的水力停留时间仅为 6 min,而生物作用去除氨氮的效果与接触时间直接相关,因此 DAFF 对氨氮的去除能力有限。

3 与常规工艺的处理效果比较

采用常规工艺处理玉清湖水库水,工艺流程为:原水投加混凝剂(20 mg/L 的聚合氯化铝)并经混合器混合后依次经折板反应池、斜管沉淀池、石英砂滤池处理,出水进入清水池。

常规工艺及 DAFF 的处理效果对比如图 3 所示。可知,DAFF 对各指标的去除效果均优于常规工艺。

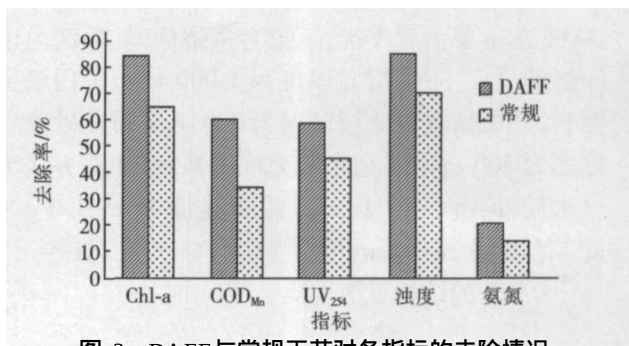


图 3 DAFF 与常规工艺对各指标的去除情况

Fig 3 Removal rates of Chl-a, COD_{Mn}, UV₂₅₄, turbidity and ammonia nitrogen by DAFF and conventional processes

4 结论及建议

DAFF 的处理效果明显优于常规工艺,其对叶绿素 a、高锰酸盐指数、UV₂₅₄、浊度及氨氮的平均去除率分别为 84.24%、59.76%、58.62%、85.2%和 20.83%。

DAFF 将混凝、气浮、过滤技术融为一体,结构紧凑、操作简便、占地面积小,适合新建的小水厂与老水厂的改造。

考虑到老水厂改造过程中经常遇到的可利用空闲面积较小的问题,将接触反应室设在了 DAFF 内部,但在试验中有部分原水发生了“短路”,即一部分未与微气泡充分接触的原水流出接触反应室后直接向下到达滤层,因此在生产建设中,若占地面积许可,可将接触反应室改设在 DAFF 外部以缓解这个问题。

参考文献:

- [1] 王占生,刘文君. 微污染源饮用水处理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] Schofield T. Dissolved air flotation in drinking water production [J]. Water Sci Technol, 2001, 43 (8): 9 - 18.
- [3] Gergory R. AWWA Water Quality and Treatment—A Handbook of Community Water Supplies [M]. New York: McGraw Hill, 2000.
- [4] Fukushi K. A kinetic model for dissolved air flotation in water and wastewater treatment [J]. Water Sci Technol, 1995, 31 (3 - 4): 37 - 47.

作者简介: 刘强 (1972 -), 男, 山东济南人, 博士研究生, 工程师, 主要从事水处理技术方面的研究。

E-mail: liuqiang_1207@163.com

收稿日期: 2006 - 01 - 18